

크로탈라리아의 토양환원이 토양의 무기태 질소농도 및 딸기의 생육에 미치는 영향

임태준^{1**} · 박진면¹ · 이성은¹ · 박영은¹ · 김기인^{2*}

¹국립원예특작과학원 원예특작환경과, ²목포대학교 원예과학과

Effects of Crotalaria Incorporation into Soil as a Green Manure on Growth of Strawberry and Inorganic Soil Nitrogen Level

Tae-Jun Lim^{1**}, Jin-Myeon Park¹, Seong-Eun Lee¹, Young-Eun Park¹, and Ki-In Kim^{2*}

¹Horticultural and Herbal Crop Environment Division, National Institute of Horticultural & Herbal Science, Wanju 55365, Korea

²Department of Horticultural Science, Mokpo National University, Muan 58554, Korea

*Corresponding author: taejun06@korea.kr

OPEN ACCESS



Korean J. Hortic. Sci. Technol. 34(4):578-586, 2016
http://dx.doi.org/10.12972/kjst.20160059

pISSN : 1226-8763
eISSN : 2465-8588

Received: December 2, 2015

Revised: April 8, 2016

Accepted: June 22, 2016

Copyright©2016 Korean Society for Horticultural Science.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution NonCommercial License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

[†]These authors contributed equally to this work

This study was supported by National Institute of Horticultural & Herbal Science research project (PI006509), Rural Development Administration, Republic of Korea.

Abstract

In this study, we evaluated the effects of soil incorporation of crotalaria as a green manure on the growth and yields of ‘Seolhyang’ strawberry and inorganic soil nitrogen levels in a greenhouse. Four different N treatments were used, as follows: zero N fertilizer (control), crotalaria, crotalaria with 50% urea, and 100% urea. The recommended N requirement (100% urea) for strawberry was 86 kg N·ha⁻¹ and 50% of the recommended N (50% urea) was 43 kg N·ha⁻¹. Crotalaria was sowed on June 17th, 2011 and cultivated for 37 days. The amount of N supply from soil incorporation of crotalaria was 104 kg N·ha⁻¹. Strawberry was planted on September 9th, 2011 and cultivated for 255 days after planting. The concentrations of soluble solids and acidity of strawberry fruits for the crotalaria treatment were higher than for the crotalaria with 50% urea and 100% urea treatments. On the other hand, the growth and yield of strawberry was the highest for the crotalaria with 50% urea and 100% urea treatments, followed by the crotalaria treatment, and the lowest for the control. Soil inorganic N concentration for the crotalaria treatment was continuously decreased to 24 mg·kg⁻¹ at the end of the growing season, while crotalaria with 50% urea and 100% urea treatments maintained an inorganic N concentration that ranged from 35 to 50 mg·kg⁻¹. These results indicate that the amount of N supply from soil incorporation of crotalaria may not be enough because strawberry yield was lower than for other N treatments. Therefore, additional nitrogen, such as 50% urea after soil incorporation of crotalaria, is recommended.

Additional key words: fallow, leguminous manure crops, N recommendation, N uptake, yield

서 언

시설재배에서 양분간의 불균형 심화와 토양의 염류 집적에 따른 작물의 생산성 감소 등이 꾸준히 문제시 되고 있는데, 화학비료나 가축분뇨의 투입량을 절감하면서 토양의 질을 향상시킬 수 있는 다양한 방법 중의 하나가 풋거름작물 재배이다(Choi et al., 2010; Lim et al., 2014). 풋거름작물이란 채소나 벼를 재배하지 않는 휴작기 동안에 풋거름 종자를 파종하고 생육 최성기 또는 주작물을 정식하기 전에 토양에 환원함으로써 후작물에게 양분을 공급하여 주는 작물을 말한다(Park et al., 2008).

풋거름작물에는 호밀(*Secale cereal* L.)과 수단그라스(*Sorghum biocolor* L.) 등 화본과와 헤어리베치(*Vicia villosa* Roth)와 크로탈라리아(*Crotalaria juncea* L.) 등 두과작물로 분류할 수 있다. 호밀과 수단그라스는 작물 재배기간 동안 두과작물과 비교하여 높은 생체중을 얻을 수 있어(Won et al., 2012; Lim et al., 2012), 토양환원을 통해서 유기물 함량을 높이고 용적밀도를 낮추는 효과는 있지만(Fageria et al., 2005), 공중질소를 고정하는 능력이 없고 식물체의 질소함량이 적기 때문에 후작물 채소에 대한 질소공급능력이 낮다(Lee et al., 2006).

두과 풋거름작물은 질소 고정을 통해서 후작물에 질소를 공급할 수 있어 화학비료의 사용량을 크게 줄일 수 있다. Jeon et al.(2009)은 밭 토양에서 헤어리베치 파종 후 5월 중순까지 재배하는 경우 헤어리베치에서 공급할 수 있는 질소 고정량은 207kg·ha⁻¹라고 보고 하였으며, Lee et al.(2011)은 헤어리베치의 토양환원 후 벼의 수량이 5,449kg·ha⁻¹로 화학비료 표준시비구와 동일한 수량을 얻을 수 있다고 보고하였다. 하지만 헤어리베치는 주로 작물 수확이 끝나는 늦가을에 파종하여 봄까지 재배하는 동계작물이다. 크로탈라리아는 인도가 원산지인 일년생 작물로서(Wang and McSorley, 2010), 추위에 약하기 때문에 우리나라에서는 주로 여름에 이용될 수 있는 하계 풋거름 작물이다(Cho et al., 2013). 이 작물의 특징으로는 생육이 빠르기 때문에 짧은 시간 안에 많은 생체중을 얻을 수 있다(Schomberg et al., 2007). 또한 근류균에 의한 질소 고정률이 약 60%를 나타낼 뿐 아니라 토양 내 뿌리혹선충의 억제효과까지 뛰어나 풋거름 작물로서의 이용가치가 높다(McSorley et al., 1994; Yano et al., 1994).

우리나라의 시설하우스 재배면적은 2014년 기준으로 63,800ha이며 이 중에서 딸기는 수박, 토마토 다음으로 많은 6,800ha인 10.7%를 차지하고 있으며(MAFRA, 2015a), 생산액으로는 13천억원으로 채소 중 가장 높은 생산액을 나타내는 작물이다(MAFRA, 2015b). 딸기는 일반적으로 9월부터 이듬해 5월까지 재배하고 6월에서 8월까지의 대부분의 농가에서 휴작 또는 선충 피해경감을 위해 담수를 하고 있다. 하지만 담수는 질산태질소의 용탈에 따른 지하수 오염의 우려가 있기 때문에(Kim et al., 2010), 여름에 이용 가능한 풋거름작물인 크로탈라리아를 재배하는 것이 지하수질을 보전하고 비료의 사용량을 절감하는데 효과적이다.

국내에서 크로탈라리아의 연구사례를 보면 밭토양에서 파종량이 50kg·ha⁻¹일 때 질소 고정량은 155kg·ha⁻¹로 가장 높았으며(Cho et al., 2013), 크로탈라리아의 토양환원 후 상추의 수량이 12,640kg·ha⁻¹로 질소비료의 시비 없이도 최대의 생산량을 얻을 수 있다는 결과가 있다(Lim et al., 2012). 하지만 풋거름작물만으로는 고추에 충분한 양의 질소를 공급하지 못하므로 질소비료를 추가로 공급해야 한다는 보고도 있다(Sung et al., 2008). 딸기는 장기간 재배하므로 안정적인 수량 확보를 위해서는 생육기간 동안 토양 중 적정 질소농도의 유지가 필요하며 이를 위해서는 풋거름작물로부터 지속적인 질소의 공급이 필요하다. 그러므로 크로탈라리아의 토양환원이 후작물 딸기의 생육과 수량에 미치는 영향, 그리고 토양으로의 질소 공급능력에 대한 구명을 통하여 화학비료 대체 가능성을 평가할 필요가 있다.

본 연구는 여름 휴작기에 크로탈라리아를 재배한 후 토양으로의 환원 처리가 질소 화학비료구 및 혼합처리와의 비교를 통해서 크로탈라리아에 의한 딸기 생산성과 질소 공급효과에 미치는 영향을 알아보기 위해서 수행하였다.

재료 및 방법

시험토양 및 처리방법

본 시험은 2011년 6월부터 2012년 5월까지 경기도 이천시 부발읍(북위 37°18'19.90", 동경 127°30'55.11", 고도 44m) 시설 딸기 재배농가에서 수행하였다. 시험 토양의 토성은 양토이고 토양의 pH는 6.2이었으며 토양의 EC는 2.15dS·m⁻¹와 질산태질소는 93mg·kg⁻¹을 나타내었다(Table 1). 딸기를 재배하지 않는 시기에 풋거름작물 처리구에서는 크로탈라리아(*Crotalaria juncea* L.) 종자 60kg·ha⁻¹을 6월 17일에 파종하였으며 7월 24일까지 37일간 재배한 후에 토양에 환원하였다. 토양에 환원된 크로탈라리아의 질소 고정량은 10.4 kg·10a⁻¹이었으며 질소고정량은 크로탈라리아에 함유된 질소함유량에 크로탈라리아의 건물중을 곱하여 계산하였다.

Table 1. Chemical properties of the soil used for the field experiment.

pH (1:5)	EC (dS·m ⁻¹)	OM (g·kg ⁻¹)	Avail. P ₂ O ₅ (mg·kg ⁻¹)	EX. cation (cmol ⁺ ·kg ⁻¹)			Inorganic-N (mg·kg ⁻¹)	
				K	Ca	Mg	NO ₃ -N	NH ₄ -N
6.2 ± 0.02 ^z	2.2 ± 0.03	21 ± 0.4	709 ± 6.4	1.4 ± 0.05	6.5 ± 0.34	2.3 ± 0.12	93 ± 4.1	11 ± 1.3

^zMean ± standard error.

토양검정에 의한 딸기의 시비 추천량은 토양 EC의 분석 후 $Y = 18.7 - 4.7X$ (Y: 질소시비량 kg·ha⁻¹, X: 토양 EC)에 대입하여 산정하였다(NIAST, 2006). 질소 시비 추천량의 100% 및 50%를 산정하였고 화학질소비료의 공급은 요소(46-0-0)를 공급하였다. 질소 시험 처리는 무비구, 크로탈라리아 처리구, 크로탈라리아 및 50% 요소처리구, 100% 요소처리구 등 4처리를 두었고 난괴법 3반복으로 실시하였다. 시험구의 크기는 가로 5m × 세로 5m로 정식 1주일 전에 이랑을 조성하였다. 중앙의 이랑 너비는 60cm이고 양측면의 이랑 너비는 42.5cm이었다. 딸기 재식은 양측 측면의 경우에는 1열 재배하였으며 중앙은 2열 재배로 재식간격은 20 × 25cm이었다. 100% 요소처리구와 50% 요소처리구의 요소 비료 시비량은 각각 8.6 및 4.3kg·10a⁻¹이었으며 전량 관비로 공급하였다. 질소 관비는 정식 후 4주차인 10월 1주부터는 주 1회 공급하였고, 1월 4주부터 5월 1주까지는 매주 2회씩 공급 처리하였다. 100% 요소처리구와 50% 요소처리구의 질소 농도는 각각 40mg·L⁻¹ 및 20mg·L⁻¹이었으며 매회 질소 비료 공급 시마다 10mm의 양을 총 42회 걸쳐서 공급하였다. 무시비 및 크로탈라리아 처리는 질소비료 없이 동일한 양으로 물만 관주하였다.

이 연구에서 사용한 딸기의 품종은 설향으로 2011년 9월 8일에 묘를 정식하여 2012년 5월 18일까지 255일간 재배하였다. 딸기의 생육은 정식 후 210일인 4월 4일에 처리별로 6주에 대해서 초장 및 생체중을 조사하였으며, 완전히 전개된 상위 1엽에 대해서 엽장과 엽폭을 조사하였다. 딸기의 당도와 산도는 3월 8일과 3월 21일에 2회에 걸쳐서 조사하였으며, 당도는 굴절당도계(PR-101, ATAGO)로, 산도는 과즙 5mL에 증류수 20mL를 추가한 후 0.1N NaOH로 pH 8.1까지 적정하였다. 토양수분장력은 정식 후 90일부터 재배가 종료될 때까지 토양수분센서(Watermark moisture sensors, Spectrum Tech.)를 15cm 토양 깊이에 설치하였으며, 측정값은 자동으로 저장될 수 있도록 데이터로거(WatchDog 1000 Series, Spectrum Tech.)에 연결하였다. 딸기 정식 후 초기 및 중기에는 토양의 수분장력은 -7kPa에서 유지되었으며 후기에는 -7kPa에서 -15kPa의 범위 내에서 토양 수분관리가 이루어졌다(Fig. 1). 토양 중 무기태 질소는 딸기 정식 후 90일부터 30일 간격으로 0-20cm의 깊이의 토양을 채취하여 분석하였다.

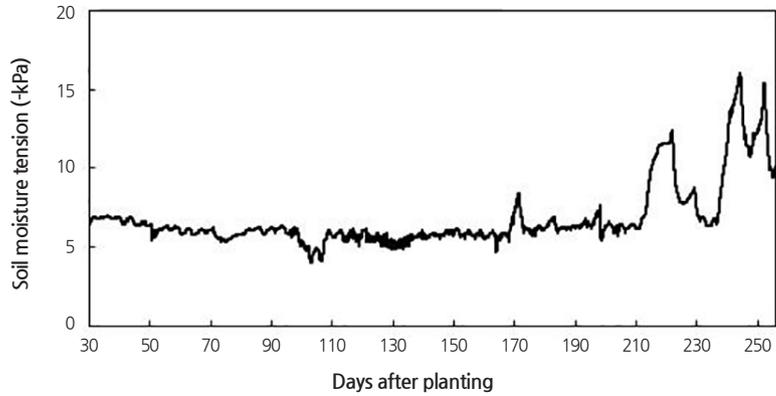


Fig. 1. The change of soil moisture tension from 30 days to 255 days after strawberry planting at crotalaria with 50% urea.

분석 및 통계분석

토양 화학성 분석은 2mm 체를 통과한 풍건 시료에 대해서 토양 pH는 토양과 물의 비율을 1:5로 하여 30분간 진탕 후 pH meter(ORION Model 720A, MA, USA)로 측정하였고, 토양 EC는 1:5로 침출한 후 전기전도도계(YSI Model 35, OH, USA)로 분석하였다. 유기물은 Tyurin법(Nelson and Sommers, 1996), 유효인산은 Lancaster법(NIAST, 2000)으로, 치환성 K, Ca, Mg은 1N-CH₃COONH₄(pH 7.0)완충용액으로 침출하여 ICP-OES(MX2, GBC, Australia)를 사용하여 측정하였다. 질산태 질소는 2M KCl로 침출하여 켈달(B-316, Büchi, Switzerland)로 증류한 후 황산표준용액 0.01N로 적정하여 계산하였다(Mulvaney, 1996). 식물체 시료는 70°C에서 건조 후 분쇄된 시료를 산 분해용액(HClO₄:H₂SO₄ = 10:1)으로 습식 분해하여 질소는Kjeldahl법(NIAST, 2000)으로 측정하였다. 통계분석은 SAS 프로그램(Enterprise guide 4.2, USA)을 이용하였으며, Duncan의 다중검정으로 처리간의 통계적 유의성을 비교 검토하였다.

결과 및 고찰

크로탈라리아의 질소 고정량

딸기를 재배하지 않는 여름 고온기에 풋거름작물인 크로탈라리아를 37일간 재배한 결과 크로탈라리아의 초장은 139cm, 생체 중은 3,300kg·10a⁻¹을 얻을 수 있었다(Table 2). 그리고 크로탈라리아의 건물중과 건물물은 각각 355kg·10a⁻¹와 10.8%였으며, 이 때의 질소 함량은 29.4g·kg⁻¹를 나타내었다. 크로탈라리아의 건물중과 질소함량으로부터 토양으로 환원된 유기태 질소의 고정량으로 환산하면 10.4kg·10a⁻¹를 나타내었고 이러한 결과는 크로탈라리아 재배후 질소 고정량이 9.5kg·10a⁻¹를 보고한 결과와 유사하였다(Mubiru and Coyne, 2009). 한편 얼치기완두와 새완두의 질소고정량은 각각 4.38과 5.54kg·10a⁻¹로 보고되었다(Cho et al., 2011).

Table 2. Crotalaria of height, fresh weight, dry weight, and N content and the amount of N supply from crotalaria incorporation of soil.

Plant height ² (cm)	Fresh weight (kg·10a ⁻¹)	Fresh weight (kg·10a ⁻¹)	N content (g·kg ⁻¹)	N supply (kg·10a ⁻¹)
139 ± 2.4 ^y	3300 ± 100	355 ± 8.7	29.4 ± 0.1	10.4 ± 0.3

²Crotalaria seeds were sown on June. 17th in 2011 and the cultivation period was 37 days.

^yMean ± standard error.

토양 중 무기태 질소 및 질소 양분수지

토양 중 무기태 질소 함량은 100% 요소처리구와 크로탈라리아 및 50% 요소처리구에서 처리구들간에 가장 높은 35-50mgkg⁻¹의 수준을 보였고(Fig. 2.) 딸기 수량도 가장 높아서 딸기 재배를 위한 토양의 적정 무기태 질소 농도 수준으로 판단된다. 크로탈라리아 처리구의 토양 중 무기태 질소함량은 무시비와 비교하여 높았지만, 100% 요소처리구와 비교할 경우 무기태 질소함량이 낮았고 이로 인해 딸기에 질소 공급이 충분하지 이루어지지 않아서 딸기의 수량이 적은 것으로 생각된다. 토양으로 환원된 크로탈라리아 질소 공급량은 10.4kg·10a⁻¹으로 100% 표준 질소 시비 추천량인 8.6kg·10a⁻¹보다 1.8kg·10a⁻¹만큼의 질소량이 더 투입되었지만 딸기의 수량은 오히려 적었다. 이러한 이유중의 하나는 크로탈라리아의 탄질률이 17.6으로 헤어리베치의 11.9보다 높아 상대적으로 분해가 어렵기 때문에 질소공급능력이 낮았을 것으로 판단된다(Sung et al., 2008; Cho et al., 2013). Wagger(1989)는 탄질률이 낮을수록 질소공급능력이 좋으며, 헤어리베치를 대상으로 16주간의 무기화 과정에서 65-87%의 질소가 분해된다고 하였다. 이에 반해 크로탈라리아에서는 총 질소량의 50%만 후작물 채소에 이용 가능하다고 보고하였다(Schomberg et al., 2007). 두 번째는 무기태질소로 전환되는 양의 대부분이 크로탈라리아의 토양환원 후 수 주일 내에 이루어지는데(Lee et al., 2013), 딸기 정식 후 수분장력은 -10kPa 이내의 충분한 관수로 인해 무기화된 질소의 일부분이 뿌리 근권 아래로 용탈된 것으로 판단된다. 이는 정식 후 90일에 토양 중 무기태질소가 무시비와 유사한 양분수준을 나타낸 결과로부터 유추할 수 있다.

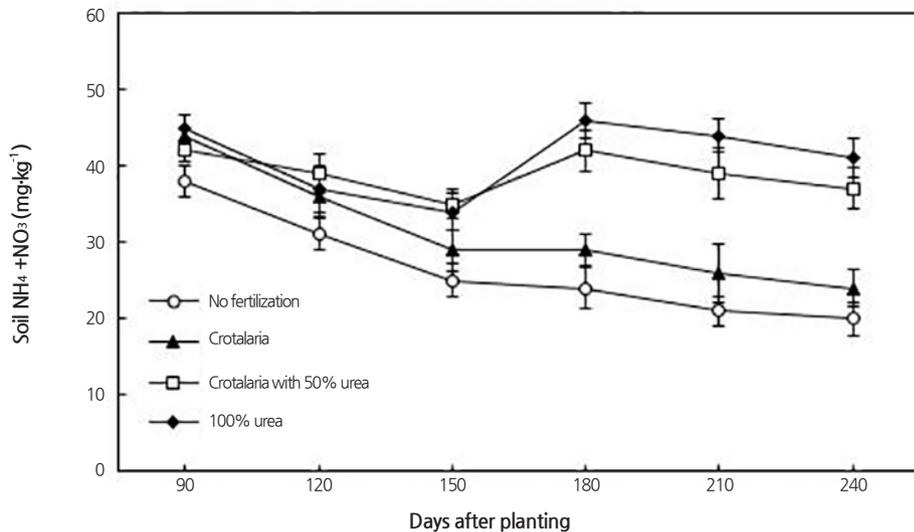


Fig. 2. The change of soil inorganic nitrogen concentration during the growing season after N treatments. Vertical bars indicate standard deviation of the mean (n = 3).

질소의 양분수지는 질소 공급원인 크로탈라리아와 화학비료에 의한 질소 공급량으로부터 딸기 식물체로 흡수된 질소 산출량을 공제함으로써 산출하였다(Table 3). 딸기의 질소 양분수지는 100% 요소처리구에서 -15.7kg·ha⁻¹인 반면에 크로탈라리아 처리구와 크로탈라리아 및 50% 요소처리구에서 각각 18.0과 46.9kg·ha⁻¹를 보였다. 딸기의 질소 양분수지가 100% 요소처리구에서 음의 값을 보이는 이유는 토양으로부터 질소가 추가적으로 딸기에 공급된다는 결과를 보여주고 있다. 유기태 질소의 형태로 토양에 환원된 크로탈라리아의 경우 공급된 질소량의 절반 정도는 무기태 질소로 전환되었고(Schomberg et al., 2007), 나머지는 분해되지 않고 토양에 남아서 유기물 증진 및 공극률 향상 등 토양환경을 개선시키는 역할을 하는 것으로 판단된다.

질소이용효율은 100% 요소처리구에서 36.6%로 가장 높았으며 크로탈라리아 처리구에서 15.1%로 가장 낮은 값을 나타내었다. Yano et al.(1994)은 크로탈라리아가 토양에 환원한 뒤 후작물 밀의 질소이용효율이 9.4%로 보고하여 본 연구와 비슷한 값을 나타내었다.

Table 3. Soil N budget and N use efficiency of strawberry under soil incorporation of crotalaria and N fertilizer.

Treatment	N input (A) from			Plant N uptake (B)	Soil N budget (A-B)	N use efficiency ^z
	Crotalaria	Urea	Total			
----- kg·ha ⁻¹ -----						
No fertilization	0	0	0	70.3 c ^y	-70.3	
Crotalaria	104	0	104	86.0 b	18.0	15.1 b
Crotalaria with 50% urea	104	43	147	100.1 a	46.9	20.3 b
100% urea	0	86	86	101.7 a	-15.7	36.6 a

^zN use efficiency was determined as $\frac{N \text{ uptake from N fertilized plot} - N \text{ uptake from unfertilized plot}}{\text{Rate of fertilizer N applied}} \times 100$.

^yMeans separation within columns by Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$.

딸기의 생육 및 수량

크로탈라리아 처리구에서 딸기의 생체중은 97.4g/plant, 엽장 9.2cm, 엽폭 7.5cm, 엽수는 22.8매이었다. 딸기의 생체중, 엽장, 엽폭, 엽수는 크로탈라리아 처리구와 무시비구간에는 유의성이 없는 것으로 나타났고 크로탈라리아 및 50% 요소처리구와 100% 요소처리구에서 딸기의 생체중, 엽장, 엽폭, 엽수의 차이가 없었다(Table 4). 이러한 결과는 크로탈라리아 토양 환원 시 크로탈라리아부터 공급된 유기태 질소량(10.4kg·10a⁻¹)으로는 후작물 딸기의 질소 공급효과가 충분하지 않아 추가적인 질소 공급을 해야 할 것으로 판단된다. 반면에 100% 요소처리구(무기태질소 8.6kg·10a⁻¹)와 크로탈라리아 및 50% 요소처리구(유기태 질소 10.4kg·10a⁻¹ + 무기태질소 4.3kg·10a⁻¹)인 경우에 공급되는 질소시비량은 딸기 생육에 충분한 것으로 판단되었다. 이는 크로탈라리아 처리구 만으로는 딸기생육에 필요한 충분한 질소가 공급되지 않아서 크로탈라리아를 질소원으로 사용할 경우 크로탈라리아 단독처리 보다는 크로탈라리아 환원 후 50% 요소를 추가로 공급할 경우 100% 요소처리구 만큼의 질소시비 효과가 있다. 이러한 결과를 토대로 시설재배지에서 딸기재배시 화학질소비료 대신 크로탈라리아 및 50% 요소 처리구를 선택 할 경우 기존에 사용하는 화학비료 질소시비량의 50%까지 사용량을 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

Table 4. Influence of soil incorporation of crotalaria and N fertigation on the growth of strawberry at 210 days after planting (n = 6).

Treatment	Fresh weight (g/plant)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Number of leaves (ea/plant)
No fertilization	72.2 b ^z	8.6 b	7.3 b	19.4 b
Crotalaria	97.4 ab	9.2 ab	7.5 ab	22.8 ab
Crotalaria with 50% urea	120.1 a	9.9 a	7.8 ab	24.2 a
100% urea	124.9 a	10.1 a	8.1 a	24.0 a

^zMeans separation within columns by Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$.

딸기 과실의 무게와 산도는 모든 처리에서 유의성은 보이지 않았지만 당도에서는 무시비에서 가장 높았고 100% 요소처리구에서 최저를 나타내었다(Table 5). 이는 딸기 과실 수의 증가는 총 당 함량의 감소를 가져온다고 보고하였으며(Correia et al., 2011), 딸기 수량이 가장 적은 무시비구에서 당도가 가장 높았고 수량이 가장 많은 100% 요소처리구에서 가장 낮은 당 함량을 나타낸 결과에서 생산성에 대한 보상작용에 의한 것으로 사료된다(Kano et al., 2007; Lim et al., 2009).

Table 5. Influence of soil incorporation of crotalaria and N fertigation on the fruit weight, sugar content, and acidity of strawberry at 180 and 195 days after planting (DAP) and fruit yield of strawberry.

Treatment	180 DAP			195 DAP			Fruit yield (kg·10a ⁻¹)
	Fruit weight (g)	Soluble solids (°Bx)	Acidity (%)	Fruit weight (g)	Soluble solids (°Bx)	Acidity (%)	
No fertilization	25.6 a ^c	9.50 a	5.76 a	24.3 a	10.11 a	4.75 a	1,520 c
Crotalaria	25.7 a	9.62 a	5.85 a	23.8 a	9.91 ab	4.82 a	1,830 b
Crotalaria with 50% urea	24.3 a	8.92 b	5.89 a	23.1 a	9.58 bc	4.94 a	2,070 ab
100% urea	24.2 a	8.18 c	5.89 a	22.9 a	9.45 c	5.10 a	2,110 a

^cMeans separation within columns by Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$.

딸기 과실과 잎의 질소 함유량은 크로탈라리아 단독처리 보다는 크로탈라리아 환원 후 50% 요소를 추가로 공급할 경우와 100% 요소처리구 처리시에 높았으며 이러한 결과는 딸기의 전체 질소 흡수량을 증가하게 하였다(Table 6).

Table 6. Influence of soil incorporation of crotalaria and N fertigation on nitrogen (N) content and N uptake of fruit and leaf with petiole in strawberry.

Treatment	Fruit		Leaf with petiole	
	N content (g·kg ⁻¹)	N uptake (kg·10a ⁻¹)	N content (g·kg ⁻¹)	N uptake (kg·10a ⁻¹)
No fertilization	1.04 c ^z	1.75 c	1.97 b	5.28 b
Crotalaria	1.12 b	2.21 b	2.01 b	6.39 ab
Crotalaria with 50% urea	1.36 a	2.88 a	2.14 a	7.13 a
100% urea	1.38 a	2.90 a	2.17 a	7.27 a

^zMeans separation within columns by Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$.

딸기의 수량은 무시비에서 가장 낮은 1,520kg·10a⁻¹이었으며 크로탈라리아 처리에서는 1,830kg·10a⁻¹를 보여 생산량이 증대되었다. 이러한 결과는 크로탈라리아를 질소공급원으로 하여 옥수수를 재배한 결과와 상이하였다(Ndufa et al., 2008). 처리가 질소 비료의 공급원으로서의 역할을 하는 것으로 판단된다. 크로탈라리아 처리구에서의 딸기 수량은 크로탈라리아 및 50% 요소처리구와 100% 요소처리구에 비교하여 수량이 적었고, 특히 100% 요소처리구와는 유의성 있는 차이를 나타내었다. 크로탈라리아 및 50% 요소처리구와 100% 요소처리구에서 딸기의 동일한 수량 생산이 가능하였는데, 이는 100% 요소처리구와 크로탈라리아 및 50% 요소처리구에서 딸기 재배기간 동안 토양 중 무기태 질소량이 비슷하여 꾸준히 딸기에 질소를 공급하여 딸기의 생산량에 차이가 없는 것으로 판단되었다(Fig. 2). 이상의 결과로부터 휴작기에 크로탈라리아의 재배는 충분한 양의 녹

비 질소량을 얻을 수 있다는 장점이 있다고 판단된다. 하지만 크로탈라리아의 토양환원만으로는 최대의 딸기 생산량을 얻을 수 없어 추가적인 질소 공급이 필요할 것으로 판단 되었고 크로탈라리아 및 50% 요소처리구와 100% 요소처리구에서의 토양내 무기태 질소 35-50mg·kg⁻¹수준을 유지할 경우 딸기의 최대수량을 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

초 록

꽃거름 작물인 크로탈라리아의 토양환원이 후작물 딸기 '설향'의 생육과 수량 그리고 토양 중 무기태질소 함량에 미치는 영향을 평가하고자 하였다. 시험은 무질소구, 크로탈라리아 처리구, 크로탈라리아 및 50% 요소처리구, 100% 요소처리구 등 4처리를 두었다. 딸기 재배를 위한 표준 질소 시비량의 100%와 50% 질소 공급량은 각각 8.6 및 4.3kg·10a⁻¹이었다. 크로탈라리아는 2011년 6월 17일에 파종하여 37일간 재배한 후 토양에 다시 환원하였으며, 환원된 크로탈라리아 질소량은 10.4kg·10a⁻¹이었다. 딸기는 9월 9일에 정식 후 255일간 재배하였다. 크로탈라리아의 토양환원이 크로탈라리아 및 50% 요소처리구와 100% 요소처리구와 비교하여 딸기의 산도에서 유의성은 없었지만 당도와 산도를 증가시키는 결과를 보였다. 하지만 크로탈라리아 처리는 최대의 수량을 나타낸 크로탈라리아 및 50% 요소처리구와 100% 요소처리구와 비교하여 딸기의 생육과 수량은 감소하였다. 딸기 재배기간 동안 토양의 무기태 질소 함량은 크로탈라리아 처리에서는 꾸준히 감소하여 딸기 재배가 끝나는 무렵에는 24mg·kg⁻¹를 나타낸 반면에 크로탈라리아 및 50% 요소처리구와 100% 요소처리구에서의 토양의 무기태 질소 함량은 35-50mg·kg⁻¹수준을 유지하였다. 딸기의 질소 이용효율은 크로탈라리아 처리구에서 15.1%이었고 크로탈라리아 및 50% 요소처리구와 100% 요소처리구의 질소 이용효율은 각각 20.3%와 36.6%로서 크로탈라리아의 질소 이용효율이 크로탈라리아 및 50% 요소처리구와 100% 요소처리구의 질소 이용효율보다 낮았다. 이러한 결과로부터 크로탈라리아의 토양환원만으로는 딸기의 최대 수량을 얻지 못할 수 있다. 그러므로 크로탈라리아의 토양환원 후 추가적인 질소 공급이 필요하다는 결론을 얻을 수 있었다. 크로탈라리아 토양 환원시 표준 질소 시비 추천량의 50%를 화학 질소 비료로 추가로 투입할 경우 100% 요소처리구와 비슷한 토양의 무기태 질소 함량 35-50mg·kg⁻¹수준을 유지함으로써 딸기의 최대수량을 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

추가주요어: 휴경, 콩과 꽃거름작물, 질소 추천량, 질소 흡수량, 수량

Literature Cited

- Cho HS, Seong KY, Park TS, Seo MC, Kim MH, Kang HW, Lee HJ (2013) Effect of seeding rate of *Crotalaria (Crotalaria juncea L.)* on green manure yield and nitrogen production in upland soil. *Korean J Soil Sci Fert* 46:445-451. doi:10.7745/KJSSF.2013.46.6.445
- Choi BS, Jung JA, Oh MK, Jeon SH, Goh HG, Ok YS, Sung JK (2010) Effects of green manure crops on improvement of chemical and biological properties in soil. *Korean J Soil Sci Fert* 43:650-658
- Cho JR, Choi HS, Lee Y, Lee IY, Kim CS (2011) Growth of *Vicia tetrasperma* and *V. hirsute* as affected by seeding condition and estimated N production. *Weed Turf Sci* 31:84-88. doi:10.5660/KJWS.2011.31.1.084
- Correia PJ, Pestana M, Martinez F, Ribeiro E, Gama F, Saavedra T, Palencia P (2011) Relationships between strawberry fruit quality attributes and crop load. *Sci Hortic* 130:398-403. doi:10.1016/j.scienta.2011.06.039
- Fageria NK, Baligar VC, Bailey BA (2005) Role of cover crops in improving soil and row crop productivity. *Commun Soil Sci Plant Anal* 36:2733-2757. doi:10.1080/00103620500303939
- Jeon WT, Seong KY, Lee JK, Kim MT, Cho HS (2009) Effects of seeding rate on hairy vetch (*Vicia villosa*) - rye (*Secale cereal*) mixtures for green manure production in upland soil. *Korean J Crop Sci* 54:327-331
- Kano Y, Nakagawa H, Sekine M, Goto H, Sugiura A (2007) Effect of nitrogen fertilizer on cell size and sugar accumulation in the leaves of cabbage (*Brassica oleracea L.*). *HortScience* 42:1490-1492
- Kim MK, Roh KA, Ko BG, Park SJ, Jung GB, Lee DB, Kim CS (2010) Evaluation of nutrient discharges from greenhouses with flooding soil surface at two different locations. *Korean J Soil Sci Fert* 43:315-321
- Lee IB, Park JM, Lim JH, Hwang KS (2006) Growth and yield response of the following tomato crop according to incorporation of

- green manures into soil. Korean J Environ Agric 25:346-351. doi:10.5338/KJEA.2006.25.4.346
- Lee SM, Lee Y, Lee YH, Sung JK, Yun HB, Choi HS (2013) Comparison of overwintering, biomass, inorganic N concentration in hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) cultivars. Korean J Organic Agric 21:61-68. doi:10.11625/KJOA.2013.21.1.61
- Lee YH, Lee SM, Sung JK, Han HS, Ahn JW, Kwak CG, Kim WS (2011) Soil properties and growth and yield of rice affected by compost, rice straw and hairy vetch. Korean J Organic Agric 19:397-404
- Lim TJ, Kim KI, Park JM, Lee SE, Hong SD (2012) The use of green manure crops as a nitrogen source for lettuce and Chinese cabbage production in greenhouse. Korean J Environ Agric 31:212-216. doi:10.5338/KJEA.2012.31.3.212
- Lim TJ, Hong SD, Kang SE, Park JM (2009) Evaluation of the preplant optimum rates of pig slurry composting biofiltration for Chinese cabbage. Korean J Hortic Sci Technol 27:572-577
- Lim WS, Lee HH, Hong CO (2014) Nitrogen dynamics in the soils incorporated with single and mixture application of hairy vetch and barley. Korean J Environ Agric 33:298-305. doi:10.5338/KJEA.2014.33.4.298
- MAFRA (2015a) Statistics on production of greenhouse vegetable and greenhouse facilities for vegetable. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Sejong, Korea, p 12
- MAFRA (2015b) Production of agroforestry. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Sejong, Korea. http://www.mafra.go.kr/list.jsp?newsid=155447143§ion_id=b_sec_1&listcnt=5&pageNo=1&year=&group_id=3&menu_id=1125&link_menu_id=&division=B&board_kind=C&board_skin_id=C3&parent_code=3&link_url=&depth=1
- McSorley R, Dickson DW, De Brito JA, Hewlett TE, Frederick JJ (1994) Effects of tropical rotation crops on *Meloidogyne arenaria* population densities and vegetable yields in microplots. J Nematol 26:175-181
- Mubiru DN, Coyne MS (2009) Legume cover crops are more beneficial than natural fallows in minimally tilled Ugandan soils. Agron J 101:644-652. doi:10.2134/agronj2007.0391
- Mulvaney RL (1996) Nitrogen-inorganic forms. Methods of soil analysis. Part 3. SSSA Book Series No 5. SSSA and ASA, Madison, WI, USA, pp 1185-1200
- Ndufa JK, Gathumbi SM, Kamiri HW, Giller KE, Cadisch G (2008) Do mixed-species legume fallows provide long-term maize yield benefit compared with monoculture legume fallows? Agron J 101:1352-1362. doi:10.2134/agronj2008.0208x
- Nelson DW, Sommers LE (1996) Total carbon, organic carbon and organic matter. Methods of soil analysis. Part 3. SSSA Book Series No5. SSSA and ASA. Madison, WI, USA, pp 961-1010
- NIAS (2000) Method of soil and plant analysis. National Institute of Agricultural Science and Technology. Rural Development Administration. Suwon, Korea, pp 69-70
- NIAS (2006) Fertilizer recommendations by crops. National Institute of Agricultural Science and Technology. Rural Development Administration. Suwon, Korea, pp 61-124
- Park ST, Jeon WT, Kim MT, Sung KY, Ku JH, Oh IS, Lee BK, Yoon YH, Lee JK, et al (2008) Understanding of environmental friendly agriculture and rice production using green manure crops. RDA, Suwon, Korea, pp 20-21
- Schomberg HH, Martini NL, Diaz-Perze JC, Phatak SC, Balkcom KS, Bhardwaj HL (2007) Potential for using sunn hemp as a source of biomass and nitrogen for the piedmont and coastal plain regions of the southeastern USA. Agron J 99:1448-1457. doi:10.2134/agronj2006.0294
- Sung JK, Lee SM, Jung JA, Kim JM, Lee YH, Choi DH, Kim TW, Song BH (2008) Effects of green manure crops, hairy vetch and rye, on N supply, red pepper growth and yields. Korean J Soil Sci Fert 41:247-253
- Wagger MG (1989) Time of desiccation effects on plant composition and subsequent nitrogen release from several winter annual cover crops. Agron J 81:236-241. doi:10.2134/agronj1989.00021962008100020020x
- Wang KH, McSorley R (2010) Management of nematodes and soil fertility with sunn hemp cover crop. UF/IFAS Extension, Gainesville, FL, USA. Available via <http://edis.ifas.ufl.edu/ng043>
- Won JG, Jang KS, Hwang JE, Kwon OH, Kwon TY, Cho JR (2012) Effect of tillage and no-tillage of winter green manure crops on yield of red pepper in plastic film house. Weed Turf Sci 1:18-23. doi:10.5660/WTS.2012.1.4.018
- Yano K, Daimon H, Mimoto H (1994) Effect of sunn hemp and peanut incorporated as green manures on growth and nitrogen uptake of the succeeding wheat. Jpn J Crop Sci 63:137-143. doi:10.1626/jcs.63.137